

小型ヒューマノイドロボットのBluetoothを用いた無線化

Wireless Communication with Bluetooth in Small Humanoid Robot

佐野 典秀
Norihide SANO

(平成17年9月14日受理)

前報では、個人レベルの研究でどの程度のヒューマノイドロボットが作成できるのかを調べた。実際に小型ヒューマノイドロボットの作成を行い、静歩行を行うプログラムの開発を行った。本報告では、この小型ヒューマノイドロボットにBluetoothを用いた無線機能を取り付け、コンピュータから無線経由で指示を行うことを試みた。Bluetoothとは、短距離での機器接続に特化した無線の規格で、2.4GHzの周波数帯の無線を使用し、最大約10mの範囲の機器と最大1Mbpsの速度でデータ通信が可能である。赤外線通信と大きく異なる点は、指向性を持たず、遮蔽物があっても通信可能な点である。近年、Bluetooth対応のプリンタ等も市販され、オフィス内などの近距離通信への利用が注目されている。ロボットの無線化においても注目され始めている規格である。

1. はじめに

前報⁽¹⁾では、小型ヒューマノイドロボットをロボットキットのFD Jr. kit (ベストテクノロジー社製)を用いて作成し、静歩行を行う実験を行った。本報告では、さらにこのFD Jr. kitに無線機能を付加するために、Bluetooth規格のBlueStick (ADCテクノロジー社製)という機器をロボット本体に取り付け、Bluetooth規格の通信機能を持つコンピュータからの無線接続、および遠隔操作を試みた。Bluetooth規格を用いた通信は、あまり遠く離れた機器同士の通信には向かない(最大約10m)が、遮蔽物があっても通信可能なため、小型ヒューマノイドロボットなどの手頃な無線通信方法として注目されている。また、小型軽量で低消費電力である点もモバイルを指向したBluetoothならではのもので、小型ヒューマノイドロボットに適している。前報で製作した小型ヒューマノイドロボット(GON-NAKAYAMA君)の外観を図1に、主な仕様を表1に示す。

2. Bluetoothについて⁽³⁾

Bluetoothは、「携帯電話やノートパソコンなどのあらゆるモバイル機器同士をワイヤレス接続すること」を目的とした技術である。1998年5月に、通信業界およびコンピュータ業界の大手5社(エリクソン・ノキア・IBM・インテル・東芝)が結成した業界団体「Bluetooth special interest group (SIG)」によって策定された通信規格である。

Bluetoothの語源は10世紀に実在したバイキングの王であるハラルド(西暦908年～986年)にちなみ、つけられた。およそ10世紀の中頃、バイキングの王ハラルドは、それまで小国

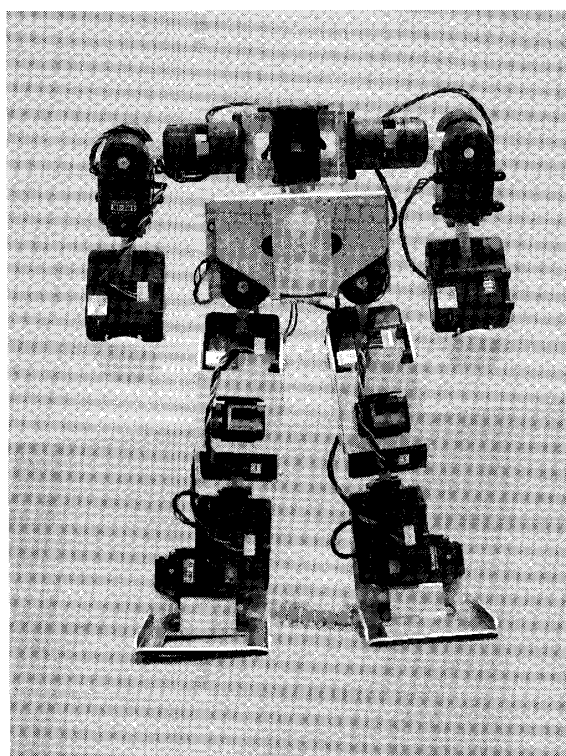


図1 小型ヒューマノイドロボット (GON-NAKAYAMA君) の外観

表1 小型ヒューマノイドロボット (GON-NAKAYAMA君) の主な仕様⁽²⁾

身長	270mm
重量	1.05kg
関節自由度	腕部 3 自由度×2 腰部 1 自由度 脚部 5 自由度×2 合計 17 自由度
駆動アクチュエータ	AI Motor-701 ×17
制御指令	SH7145 のシリアルポートによる
電源	NiMH バッテリパック 9.6V 700mA
動作時間	約 30 分 (動作に依存)

分立状態であったデンマークとノルウェーの統一を成しあげ、その偉業から「浅黒い権力者 (Blatand)」と呼ばれ、称えられていた。この“Blatand”という言葉を実際の英語に置き換えると“Bluetooth”となる。携帯電話を中心とした通信業界と、インターネットのプラットフォームを提供するパソコン業界の二大業界の統一という意味合いを込め“Bluetooth”という開発コードをスウェーデンのエリクソン社が使っていたが、そのまま規格名となったものである。

Bluetoothは、もともと、あらゆるモバイル端末同士をワイヤレス接続することを念頭において開発された無線通信技術である。モバイル端末間接続する場合、特徴的なことはそ

それぞれの端末間の接続距離が短いということである。例えば携帯電話とノートパソコンを接続する場合の接続距離は、数センチか、長くとも数メートルでしかない。このため、Bluetoothでサポートする通信距離は、約10mという比較的低出力なものになっている。この通信距離だけを見れば、ワイヤレスLANチップなどと比べれば、劣っているのは明らかである。しかし「低出力」ゆえに、モバイル端末における主要なパラメータとして挙げられる、省電力化・小型化・低コスト化を図ることが可能となった。

Bluetoothは2.4GHzのISM (Industrial Science Medical) バンドと呼ばれる周波数帯域を使用し、10m程度の範囲で最大723.2kbpsでのデータ通信が可能である。Bluetoothの使用する周波数帯は、世界中で規制がない反面、すでにいろいろな目的で使われており、たとえば電子レンジの周波数とも一致するため、Bluetoothのみが独占的に使用することは出来ない。このため、Bluetoothは通信方式として、FHSS (周波数ホッピング拡散方式) を採用している。周波数ホッピング拡散方式とは、2402~2480MHzまでの1MHzごとに79個のホップと呼ばれるチャンネルを設定し、それを1秒間に1600回切り替えながら通信を行うというものであり、これにより、干渉に強い通信を実現している。またBluetoothは、自動出力調整機能を備え、出力パワーが必要な距離に自動的に調整される。このため通信の妨害は大変困難であるといわれている。

本報告では、このBluetoothの通信規格を用いたBlueStick (ADCテクノロジー社製) を前報で作成した小型ヒューマノイドロボット (GON-NAKAYAMA君) に取り付け、コンピュータからの無線接続と遠隔操作を試みた。

このBlueStickの主な仕様を表2にまとめる。

図2にBlueStickの外観を示す。

3. 実験装置 (小型ヒューマノイドロボット GON-NAKAYAMA君)

3.1 BlueStickの取り付け

本報告では、小型ヒューマノイドロボットとして、FD Jr. kit (SHパック) (ベストテクノロジー社製) を使ってロボットの試作と実験を行った。このロボットの背面にMMI付バックパネル (ベストテクノロジー社製) を取り付け、そこにBlueStick (ADCテクノロジー社製) を差し込む。図3にMMI付バックパネルとBlueStickを取り付けた外観を示す。

図3において、番号は、以下の部分を表す。

- ① 差し込まれたBlueStick。
- ② リセットスイッチ。無線接続を確立しながら、プログラムをダウンロードできる。

3.2 コンピュータ側の設定

本報告では、無線通信を行うコンピュータとして、Bluetooth規格通信機能内蔵タイプ (VAIO: PCG-TR2/B) とBluetooth規格通信機能非内蔵タイプ+BlueStickコードレスアダプタ (BTX022: ベストテクノロジー社製) の2種類を用意し、それぞれの接続実験を行った。

表2 BlueStickの主な仕様⁽⁴⁾

項目	内容
インターフェイス	調歩同期式シリアル通信 3V TTLレベル DCD/RD/TD/DTR/DSR/RTS/CTS/RI 装備
Bluetooth バージョン	Ver.1.1
周波数	2.4GHz 帯 (2400~2483.5Hz)
最大転送速度	723.2kbps (非対称型通信) / 433.9kbps (対称型通信)
プロトコル	L2CAP、SDP、RFCOMM
プロファイル	GAP、SPP
受信感度	-80~-20dBm
通信距離	約10m (使用環境による)
変調方式	EHSS/GESK 1Mbps、1600hop/sec
送信電力	4dBm (Bluetooth TX power Class2)
外部電源	DC3.0V
消費電流	83mA
外形寸法	L44×W26×H4.6mm

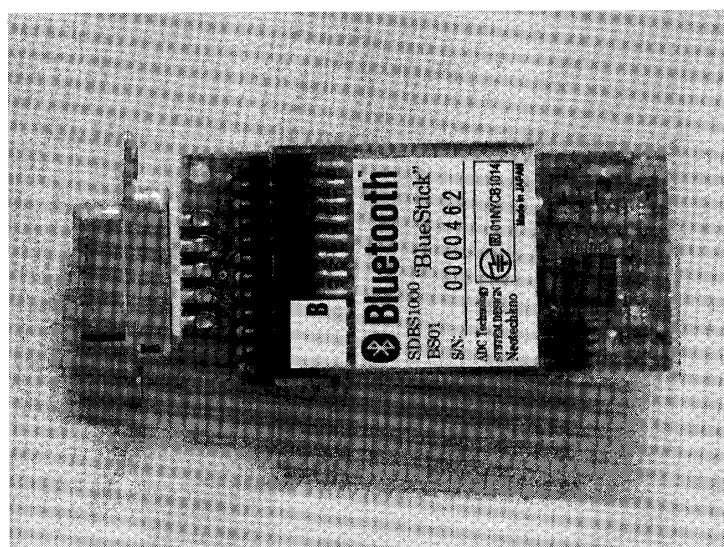




図2 BlueStickの外観

3.2.1 Bluetooth規格通信機能内蔵タイプとの接続

Bluetooth規格通信機能内蔵タイプのコンピュータとして、VAIO:PCG-TR2/B（ソニー社製）を用いて実験を行った。VAIO:PCG-TR2/Bでは、予めBlueSpaceNEというBluetooth機器制御ソフトがプリインストールされている。今回はこれを使用した。

BlueSpaceNEを用いた接続手順は以下のとおり、

- ① Bluetoothの電源をONにする。Windows右下のインジケータからアイコン  をクリックする。するとアイコンが  に変わり、Bluetoothの電源がONになる。
- ② スタートボタン→すべてのプログラム→BlueSpaceNE→BlueSpaceNEまたは、Windows

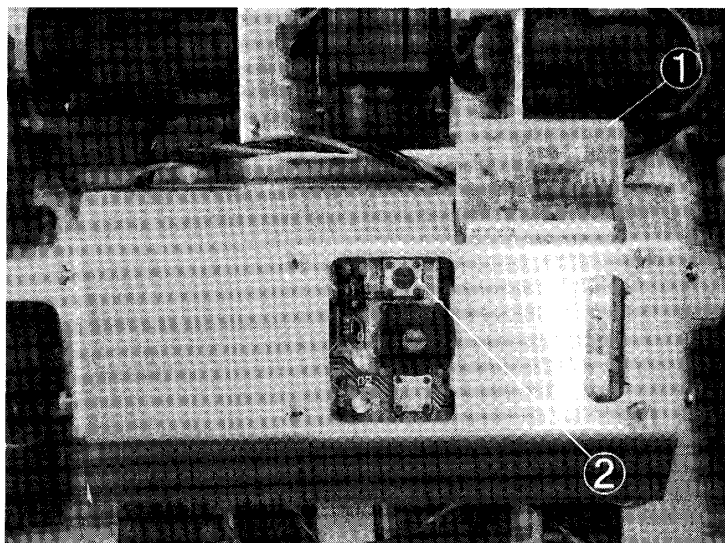



図3 ロボット背面へのBlueStickの取り付け

画面右下のインジケータからアイコン  をクリックする。これでBlueSpaceNEが起動する。

- ③ デバイス検索をクリックする。
デバイスの検索が行われ、正しく検索が終了すると検索結果で、BTX022-0000***が表示される。
 - ④ サービス検索をクリックする。
シリアル接続が表示される。シリアル接続をクリックする。
- 以上で接続が完了する。

ただし、上記の場合、BlueStickの出荷時設定が、「自動待ち受け」になっている場合を想定している。

3.2.2 Bluetooth規格通信機能非内蔵タイプとの接続

BlueStickコードレスアダプタ (BTX022: ベストテクノロジー社製) をBluetooth規格通信機能非内蔵タイプのコンピュータのRS232C(またはRS232C-USB変換ケーブルを用いてUSB)ポートへつなぎ、Bluetooth規格通信機能を付加することができる。ここでは、RS232C-USB変換ケーブルとして、USB-CRVS9を用いた。接続までの手順は以下のとおり

準備: USB-CRVS9 (RS232C-USB変換ケーブル) のドライバをインストールする。

- ① USB-CRVS9をコンピュータのUSBポートにつなぎ、BlueStickコードレスアダプタのRS232Cコネクタとつなげる。(ここで、USB-CRVS9をつなげたCOMポートが何番かを調べておく。) 図4にUSB-CRVS9とBlueStickコードレスアダプタを示す。
- ② スタートボタン→すべてのプログラム→アクセサリ→通信→ハイパーターミナルの順にクリックして、ハイパーターミナルを起動する (図5)。
- ③ 適当な名称をつけて (例えば「BlueStick接続」など)、OKをクリックする。
- ④ 図6に示すように、接続方法の設定を行う。

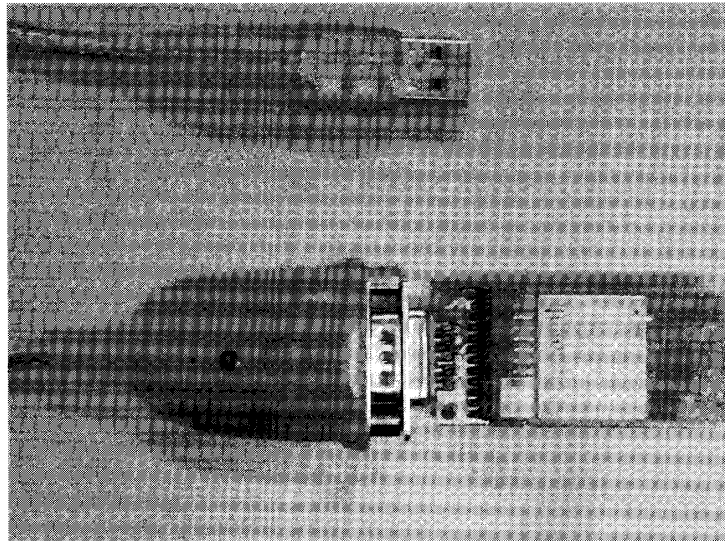


図4 USB-CRVS9とBlueStickコードレスアダプタ

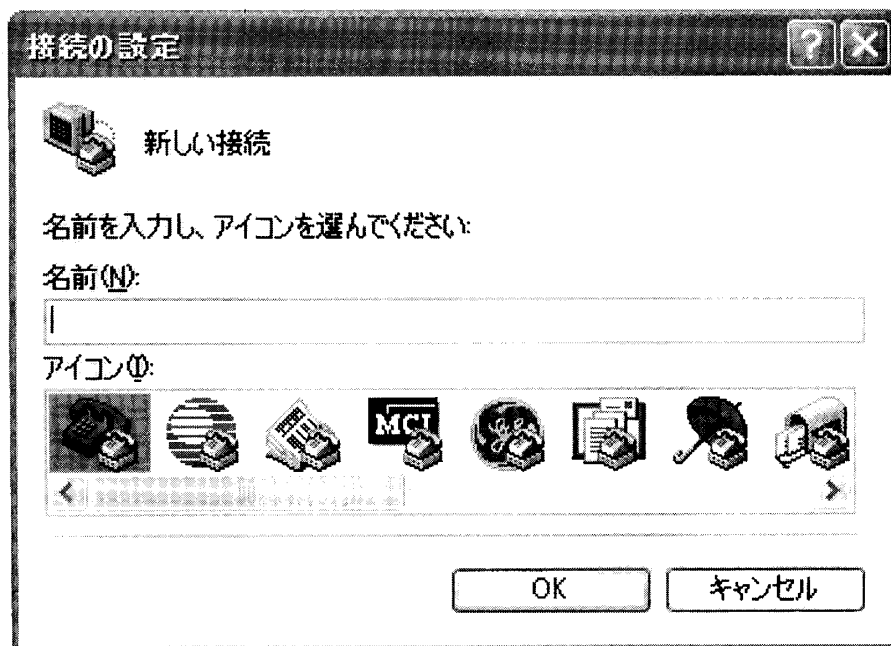


図5 ハイパーターミナルの初回起動画面

- ⑤ 図7に示すように、ビット／秒：57600、データビット：8、パリティ：なし、ストップビット：1、フロー制御：ハードウェアと設定する。これらは、BlueStickコードレスアダプタの出荷時の設定である。
- ⑥ 設定を終了し、OKを押すと、選択したCOMポートが自動的に開かれ通信可能な状態になる。

以上で接続を完了する。

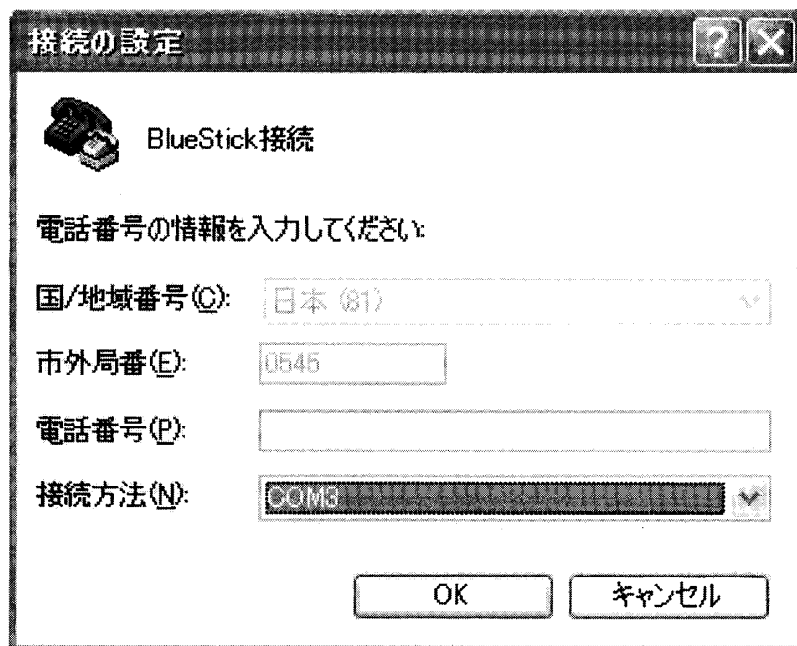


図6 接続方法の設定（この場合、COM3を想定している。）

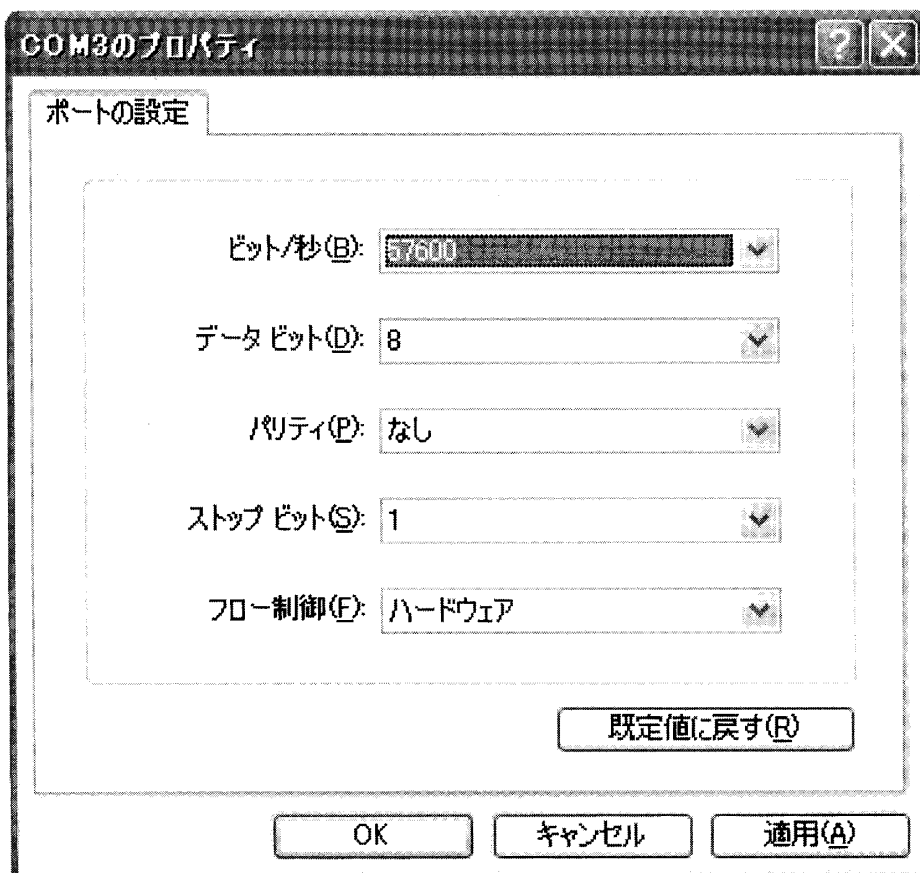


図7 通信速度ほかの設定画面

ただし、上記の場合、ロボットに取り付けたBlueStickの出荷時設定が、「自動待ち受け」になっている場合を想定している。

3.3 動作実験

FD Jr. kitでは、GCC Developer Lite⁽⁵⁾という付属のソフトウェアを使ってプログラム開発を行うことができる。GCC Developer Liteは、GNUツールをWindows上で活用するためのヘルパーソフトウェアで、C言語ソースプログラムの編集をメインにコンパイラやデバッガの起動がWindows上から簡単に行えるようになっている。また複数種類の組み込み用マイコン(H8およびSHシリーズ)を自分のロボット制御に利用するにあたり、各種の設定を容易に切り替えることができる機能を装備している。GCC Developer Liteは、日本語版のWindows98、98SE、ME、NT4.0、2000、XPが動作するPC/AT互換機(Intel Pentium相当以上)で利用できる。

このGCC Developer Liteから呼び出して利用できるソフトウェアにフラッシュライターソフトウェアがある。FD Jr. kitでは、開発したプログラムを簡易RAMに書き込んでロボットの動作確認実験を行うことができるが、その際、簡易RAM転送プログラムをあらかじめ、SH7145マイコンの内蔵フラッシュROMに書き込んでおく必要がある。この内蔵フラッシュROMへの書き込みにフラッシュライターソフトウェアを使う。

さらにSIMPLE TERMというソフトウェアが用意されている。これもGCC Developer Liteから呼び出すことができる。SIMPLE TERMは、Windows上で動作するシリアルポートを利用したターミナルプログラムである。任意のCOMポートを任意の通信速度に設定でき、キー入力をそのままCOMポートから送信し、受信されたデータはターミナルウィンドウに表示できる。その他、通信対象となるマイコンに簡易RAM転送プログラムが書き込まれていれば、このSIMPLE TERMを使って、コンピュータ上で開発したプログラムをマイコンの増設RAMにダウンロードする機能もあわせ持っている。

以下に、これらのソフトウェアを用いての今回の実験手順を示す。

- ① 前節でのBluetoothを使用した接続が確立された状態で、前述のフラッシュライターを用いて簡易RAM転送プログラムを書き込む。
- ② SIMPLE TERMを起動して、開発したプログラムをロボットの増設RAMにダウンロードする。ここでは、予め用意されているサンプルプログラムの中から、キーボードからの入力に応じてロボットが動作するプログラムを選択した。
- ③ ダウンロード完了後、ロボットのリセットスイッチを押す。
- ④ プログラムが起動するので、任意のキーを押す。今回使用したサンプルプログラムで用意されているキーと動作パターンの組合せを表3に示す。

3.4 実験結果

Bluetooth規格通信機能内蔵タイプのコンピュータとの接続および、ロボットの遠隔操作実験と、Bluetooth規格通信機能非内蔵タイプのコンピュータとの接続およびロボットの遠隔実験を行った。

最初にロボットとコンピュータの間に遮蔽物のない状態で実験を行った。ロボットとコンピュータの距離を50cm、1m、1.5m、2m、2.5mと5種類の距離を取り、実験を行った

表3 キーと動作パターン

キー	動作パターン
s	デフォルトサーボ位置の設定
o	握手
j	右ジャブ
J	右ジャブスピードアップ
u	左ジャブ
U	左ジャブスピードアップ
h	手を振る
i	右チョップ
c	左チョップ
m	体重移動と左チョップ
g	腕・頭だけのお辞儀
t	両手を上げる
n	右横蹴り
k	左横蹴り
w	歩行右足から
d	歩行左足から
b	バック歩行左足から
z	バック歩行右足から
v	足を開く
x	足を閉じる
y	ボールを蹴る

ところ、どちらのタイプのコンピュータに対する通信とも全ての距離に対して接続、および遠隔操作に成功した。

次に遮蔽物を2種類用意(A:横200mm×高さ300mm×厚さ50mm、B:横400mm×高さ300mm×厚さ100mm)し、先の実験で用いた5種類の距離の中央に置いて実験を行ったところ、遮蔽物A、および遮蔽物Bの両方ともに全ての距離に対して接続、および遠隔操作に成功した。遮蔽物Aはちょうどロボットと同じ大きさ(ロボットの身長は270mm)、遮蔽物Bは、ロボットの2倍程度の大きさを想定している。

3.5 考察

実験結果から、BlueStickを用いた小型ヒューマノイドロボットの無線化は十分機能しているといえる。遮蔽物を用いた実験からも、間に別のロボットが入ったような環境においても十分に遠隔操作が可能であることがわかった。しかし、今回は実験室の広さに制約から、距離が2.5mまでしか実験できなかった。仕様上は、約10mまでの通信が可能であるので、今後より広い実験環境での実験を試みたい。また、現在ロボットが1台のみなので実験不可能であるが、複数台のロボットが同時にBluetoothを使った通信を行った場合の混信等についても調べてみたい。

4. まとめ

小型ヒューマノイドロボットにBluetoothを用いて無線機能を付加することを試みた。Bluetoothは通信距離が約10mと短い、その分、低出力となり、省電力化、小型化、低コスト化が実現できる。そのため、小型ヒューマノイドロボットなどの狭いところでの遠隔操作には非常に便利な無線規格といえる。実際の小型ヒューマノイドロボットに取り付けて実験を行ってみたところ、十分な性能を有していることがわかった。また、別のロボットを想定した遮蔽物が間に入っても、問題なく通信が可能で遠隔操作ができた。今後の課題としては、より広い実験環境での通信・遠隔操作実験や、複数台のロボットが同時にBluetoothを使った通信を行った場合の混信等について調べてみる必要がある。

参考文献

- (1) 静岡産業大学国際情報学部研究紀要第7号、2005年2月.
- (2) 「FD Jr. kitマニュアル」、ベストテクノロジー社、2004年5月.
- (3) 株式会社エス・エフ・ティのホームページ
http://www.sft.co.jp/contents/gijyutsu/bluetooth/bluetooth_main.htm
- (4) 「BlueStickコードレスアダプタマニュアル」、ベストテクノロジー社、2004年4月.
- (5) 「GCC Developer Lite版マニュアル」、ベストテクノロジー社、2004年4月.